

学校编码: 10384

密级_____

学号: 25320131151811

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

炉渣混合砂在混凝土中的应用研究

Application Research of Slag mixed Sand in the Concrete

傅 荣 兴

指导教师姓名: 胡红梅 教授

专 业 名 称: 建筑与土木工程

论文提交日期: 2016 年 4 月

论文答辩时间: 2016 年 5 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2016 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（生活垃圾焚烧灰渣的资源化利用技术研究）课题（组）的研究成果，获得（生活垃圾焚烧灰渣的资源化利用技术研究）课题（组）经费或实验室的资助，在（建筑材料）实验室完成。

（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

随着我国城镇化进程的加快,对混凝土的需求量逐渐增长,混凝土的用砂量也逐渐增大,随着对砂子的不断开采,我国天然河砂资源逐渐枯竭,导致很多地方出现了无砂可采、一砂难求的情况。随着天然砂资源的紧缺,寻找新型骨料替代天然砂做为混凝土细骨料已经成为亟需解决的问题。

炉渣混合砂系本课题组为福建省龙澄建设集团所研发的新型混凝土细骨料,是将经过特殊预处理的生活垃圾焚烧炉渣与天然河砂按照一定配比复配而成的新型混合砂。如若将炉渣混合砂应用于混凝土,既可以缓解因为天然砂短缺而造成的原材料紧缺问题,也可以避免因为处理炉渣而造成的环境危害,可谓一举两得。

本文将复配比例分别为 5:5、6:4 和 7:3 的三种炉渣混合砂分别配制 C20、C30、C40 和 C50 四种强度等级混凝土,进行了大量的试配研究。首先,根据三种炉渣混合砂所配混凝土的工作性能和抗压强度试验结果,确定炉渣混合砂的最佳复配比例;然后,进一步研究利用最佳复配比例炉渣混合砂配制的混凝土的抗碳化性能和早期变形;最后,从技术、经济和环保等多种层面,探讨了炉渣混合砂在中、低强度等级混凝土中的可行性。

本文的主要研究内容和成果如下:

(1) 进行了复配比例为 5:5 的炉渣混合砂在混凝土中的试配研究,结果表明:该组炉渣混合砂能够配制出满足泵送施工符合要求,同时满足 C20、C30、C40 和 C50 配制强度要求的混凝土;后续试验研究表明,该种炉渣混合砂混凝土在 3d、7d、14d 和 28d 的碳化深度与河砂混凝土相差很小,符合规范要求;值得关注的是,炉渣混合砂混凝土在早期不仅没有收缩,反而产生了微膨胀变形,膨胀率在规范要求的限制膨胀率范围内,因而对塑性收缩、沉降收缩、干燥收缩、温冷收缩等混凝土早期容易产生的收缩变形具有良好的补偿作用,对混凝土早期收缩开裂有一定的抑制作用。3d 后膨胀值逐渐减小,8d 后与河砂混凝土变形情况相同,呈现出收缩状态,说明炉渣混合砂混凝土并不会因为膨胀而影响体积稳定性。

(2) 进行了复配比例为 6:4 的炉渣混合砂在混凝土中的试配研究, 所配制的四种强度等级混凝土的工作性能良好, 均达到了泵送要求; 28 天抗压强度分别达到 27.2MPa、36.1MPa、45.5MPa、49.8MPa。结果显示, 6:4 的炉渣混合砂能够配制出符合要求的 C20 混凝土, 如果对混凝土配合比进行进一步优化, 则有可能配制出 C30 和 C40 混凝土。

(3) 进行了复配比例为 7:3 的炉渣混合砂在混凝土中的试配研究, 四种强度等级的混凝土的工作性能良好, 符合泵送要求; 28 天抗压强度结果分别是 23.61MPa、35.4MPa、38.33MPa、46.5MPa。虽然该种复配比例的炉渣混合砂所配制的四种混凝土的实测强度均没有达到配制强度要求, 但是如果对配合比进行优化, 则有可能配制出 C20 和 C30 混凝土。

(4) 对炉渣混合砂混凝土的原材料成本和环境危害性进行了分析。与同一等级的河砂混凝土相比, C20、C30 和 C40 三种炉渣混合砂混凝土单方原材料成本均有降低, 说明利用炉渣混合砂制备中低强度等级混凝土不仅可以节约河砂资源, 而且更为经济; 对炉渣的环境危害性检测结果表明, 焚烧炉渣是没有浸出毒性的一般废物, 同时也没有放射性, 不会对环境和混凝土造成二次污染和危害, 因此炉渣混合砂混凝土具有使用安全性。

关键词: 炉渣混合砂; 细骨料; 混凝土; 试配; 复配

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

With the accelerated process of urbanization in China, growing demand of concrete, concrete with sand content increased gradually, with the continuous exploitation of sand, China's natural river sand resource gradually dried up, resulting in many places there have been no sand production and sand, it is difficult to find. With the shortage of natural sand resources, it has become an urgent problem to find a new aggregate instead of natural sand as the fine aggregate of concrete.

Slag mixed sand is the subject for Fujian Longcheng construction group to the development of new concrete fine aggregate group, will undergo a special pretreatment of MSW incineration slag and natural river sand according to certain proportion mixed new mixed sand. If slag mixed sand used in concrete can not only alleviate due to shortages of natural sand raw materials shortage, also can avoid the environmental harm caused by slag treatment, is kill two birds with one stone.

This paper from the slag mixed sand as fine aggregate in concrete of compound proportion were 5:5, 6:4 and 7:3 three slag mixed sand were prepared C20, C30, C40 and C50 four strength grade of concrete, a lot of test research. Firstly, according to the working performance and compressive strength test results of three kinds of mixed sand concrete, the optimum mixture ratio of slag mixture is determined; Then, carbonation resistance and early deformation of the further research and application of the optimum mixture ratio of slag mixed sand concrete; Finally, from the aspects of technology, economy and environmental protection, the feasibility of the mixed sand in the middle and low strength grade concrete is discussed.

The main research contents and results are as follows:

(1) The mixing proportion test research in concrete slag mixed sand 5:5 results show that the slag mixed sand group can be prepared to meet the pumping construction requirements, and meet the requirements of concrete preparation strength C20, C30, C40 and C50; and the slag mixed sand concrete in the carbonation depth and the river 3D, 7d, 14d sand concrete and 28d are very small, comply with the

regulations; the concern is that the slag mixed sand concrete in the early did not shrink, but the micro expansion deformation, expansion rate in the specifications of the limited expansion ratio range, so the early plastic shrinkage and settlement shrinkage, drying shrinkage cold, temperature shrinkage of concrete is prone to shrinkage deformation has a good compensation effect, has certain inhibitory effect on early age shrinkage cracking of concrete. Later, the expansion value is gradually reduced, and the 7d is the same with the river sand concrete, and the deformation presents a shrinkage condition, which shows that the slag mixed sand concrete will not affect the volume stability because of the expansion.

(2) Mixed ratio of 6:4 slag mixed sand in concrete test research, prepared by four kinds of concrete strength grade concrete performance good reached the pumping requirements; 28 day compressive strength reached 27.2MPa, 36.1MPa, MPa, 49.8MPa. The results show that the 6:4 slag mixed sand can be prepared to meet the requirements of the C20 concrete, if the concrete mix ratio for further optimization, it is possible to prepare C30 and C40 concrete.

(3) The mixture ratio was 7:3 and slag mixed sand in concrete test research, four kinds of strength grade of concrete has a good performance, in line with the pumping requirements; 28 day compressive strength results are 23.61MPa 35.4MPa, and 38.33MPa, 46.5MPa. Although the mixture ratio of the slag mixed sand in the preparation of four concrete actual strength did not reach the preparation strength requirements, but if the coordination ratio were optimized, it is possible to prepare C20 and C30 concrete.

(4) The cost of raw material and environmental harmfulness of mixed sand concrete are analyzed. Compared with the same level of river sand concrete, C20, C30 and C40 three slag mixed sand concrete unilateral raw material costs have decreased, illustrate the use of slag mixed sand preparing low strength grade of concrete not only can save the resources of river sand, and is more economical; on slag environmental hazard detection results show that incineration slag is no leaching toxicity of general waste, and no radioactive, not on the environment and the concrete cause secondary pollution and harm, so slag concrete with mixed sand with safety.

Keywords: Slag mixed with sand; Fine aggregate; concrete; Trial match test;
Compound ratio

厦门大学博士论文摘要库

目 录

摘 要	I
Abstract	I
第一章 绪论	1
1.1 混合砂的研究背景及意义	1
1.1.1 天然河砂资源枯竭和紧缺带来的问题	1
1.1.1 混合砂研究与利用现状	3
1.2 炉渣混合砂混凝土研究意义	6
1.2.1 生活垃圾大量排放带来的环境问题和解决办法	6
1.2.2 炉渣国内外研究和利用现状	8
1.3 研究内容与创新点	11
1.3.1 研究内容与技术路线图	11
1.3.2 创新点	12
第二章 主要试验原材料及试验方法	14
2.1 试验原材料	14
2.1.1 水泥	14
2.1.2 水	14
2.1.3 混合砂	14
2.1.4 碎石	16
2.1.5 粉煤灰	17
2.1.6 外加剂	18
2.2 试验方法	18
2.2.1 混凝土工作性试验方法	18
2.2.2 混凝土强度试验方法	18
2.2.3 混凝土体积稳定性试验方法	18

2.2.4 混凝土抗碳化性能试验方法.....	20
2.3 试验设备简介.....	21
第三章 不同比例炉渣混合砂试配混凝土研究	23
3.1 混凝土配合比设计.....	23
3.1.1 基准组混凝土的配合比设计.....	23
3.1.2 炉渣混合砂混凝土的试验配合比设计.....	24
3.2 5:5 炉渣混合砂（1#混合砂）试配混凝土研究	26
3.2.1 1#混合砂混凝土的工作性.....	26
3.2.2 1#混合砂混凝土的抗压强度.....	30
3.2.3 试配结果分析.....	31
3.3 6:4 炉渣混合砂（2#混合砂）试配混凝土研究	33
3.3.1 2#混合砂混凝土的工作性.....	34
3.3.2 2#混合砂混凝土的抗压强度.....	36
3.3.3 试配结果分析.....	37
3.4 7:3 炉渣混合砂（3#混合砂）试配混凝土研究	39
3.4.1 3#混合砂混凝土的工作性.....	40
3.4.2 3#混合砂混凝土的抗压强度.....	42
3.4.3 试配结果分析.....	43
3.5 炉渣掺量对混凝土强度影响的机理分析.....	45
3.6 炉渣混合砂的最佳复配比例.....	46
3.7 本章小结.....	50
第四章 炉渣混合砂混凝土抗碳化性能和体积稳定性研究.....	52
4.1 炉渣混合砂混凝土抗碳化性能研究.....	53
4.1.1 混凝土碳化作用机理.....	53
4.1.2 炉渣混合砂混凝土的抗碳化性能研究.....	55
4.2 炉渣混合砂混凝土体积稳定性研究.....	59
4.2.1 混凝土体积稳定性概述.....	59
4.2.2 炉渣混合砂混凝土的早期变形研究.....	61
4.2.3 炉渣混合砂混凝土的 14 天变形研究.....	66

4.3 本章小结.....	68
第五章 炉渣混合砂混凝土的原材料成本和环境危害性分析	70
5.1 原材料造价分析.....	70
5.1.1 混凝土原材料价格分析.....	70
5.1.2 炉渣混合砂混凝土单方造价分析.....	72
5.2 环境危害性分析.....	75
5.2.1 炉渣的放射性检验结果及分析.....	75
5.2.2 炉渣的重金属浓度检测结果及分析.....	76
5.3 本章小结.....	77
第六章 结论与展望.....	78
6.1 结论.....	78
6.2 展望.....	79
参考文献.....	81
致谢	85
攻读硕士学位期间参与的项目和发表的论文.....	86

Contents

Abstract in Chinese.....	I
Abstract in English	I
Chapter 1 Exordium	1
1.1 Research background and significance of mixed sand.....	1
1.1.1 Problems caused by depletion and shortage of natural river sand	1
1.1.1 Research and utilization of mixed sand	3
1.2 Research significance of slag mixed sand concrete.....	6
1.2.1 Environmental problems and solutions to the massive emissions of domestic waste	6
1.2.2 Present situation of research and utilization of slag at home and abroad ..	8
1.3 Research content and Innovation point	11
1.3.1 Research content and Technology Roadmap	11
1.3.2 Innovation point	12
Chapter 2 Raw materials and test methods.....	14
2.1 Test raw material	14
2.1.1 Cement	14
2.1.2 Water	14
2.1.3 Slag mixed sand	15
2.1.4 Gravel	16
2.1.5 Fly ash	17
2.1.6 Water reducer	18
2.2 Test method	18
2.2.1 Test method for workability of concrete	18
2.2.2 Method for determination of concrete strength	18
2.2.3 Determination of early deformation of concrete	18
2.2.4 Test method for carbonation of concrete	20

2.3 Introduction of experimental equipment.....	21
Chapter 3 Study on the application of different proportions of slag mixed sand in concrete.....	23
3.1 Mix proportion design of concrete	23
3.1.1 Preliminary mix proportion design of concrete in reference group	23
3.1.2 Test mix design of slag mixed sand concrete	24
3.2 Test preparation of concrete with slag mixed sand at the ratio of 5:5.....	26
3.2.1 Workability of concrete with 1# slag mixed sand	26
3.2.2 Results of compressive strength of concrete with 1# slag mixed sand ..	30
3.2.3 Result analysis	31
3.3 Test preparation of concrete with slag mixed sand at the ratio of 6:4.....	33
3.3.1 Workability of concrete with 2# slag mixed sand	34
3.3.2 Results of compressive strength of concrete with 2# slag mixed sand....	36
3.3.3 Result analysis	37
3.4 Test preparation of concrete with slag mixed sand at the ratio of 7:3.....	39
3.4.1 Workability of concrete with 3# slag mixed sand	40
3.4.2 Results of compressive strength of concrete with 3# slag mixed sand....	42
3.4.3 Result analysis	43
3.5 Mechanism analysis of the influence of slag content on compressive strength of concrete.....	45
3.6 Best compounding ratio of slag mixed with sand.....	46
3.7 Summary.....	50
Chapter 4 Study on carbonation resistance and Volume stability of slag mixed sand concrete	52
4.1 Study on carbonation resistance of Slag mixed sand concrete	53
4.1.1 Mechanism of carbonation of concrete.....	53
4.1.2 Study on carbonation resistance of Slag mixed sand concrete	55
4.2 Study on the volume stability of Slag mixed sand concrete	59
4.2.1 Research on volume stability of concrete	59
4.2.2 Study on early deformation of Slag mixed sand concrete	61

4.2.3	Study on 14 days deformation of slag mixed sand	66
4.3	Summary.....	68
Chapter 5	Analysis of raw material cost and environmental harmfulness of slag mixed sand concrete.....	70
5.1	Analysis of the cost of raw materials.....	70
5.1.1	Analysis of raw material price of concrete	70
5.1.2	Analysis of the price of one cubic meter of concrete.....	72
5.2	Analysis of environmental hazards	75
5.2.1	Test results and analysis of slag.....	75
5.2.2	Detection results and analysis of heavy metal concentration in slag.....	76
5.3	Summary.....	77
Chapter 6	Conclusion and Outlook.....	78
6.1	Conclusion	78
6.2	Outlook	79
References.....		81

第一章 绪论

1.1 混合砂的研究背景和意义

1.1.1 天然河砂资源枯竭和紧缺带来的问题

近三十年来我国国民经济高速发展,建筑业更是国民经济蓬勃发展的重要支柱,为我国加快城镇化建设做出了不可磨灭的贡献。混凝土是用量最大、用途最广的建筑材料,广泛应用于工业、民用建筑和大型高层结构和船舶港口等基础设施建设工程。最新数据表明,2015 年中国商品混凝土产量达 164131 万立方米,与 2014 年的商品混凝土总产量 155412.74 万立方米相比增长 5.6%,虽然与 2014 年的增长率 32.9%相比增长缓慢,但是依然呈增长趋势^[1]。我国城市化建设速度加快,对混凝土需求量越来越大,给其原材料的开产带来了巨大的压力。按照混凝土配合比设计总体规律水泥:砂 =1:2 推算,预计我国建筑用砂需求量将超过 40 亿吨^[2]。同时,联合国亚洲和太平洋地区经济和社会委员会(ESCAP)研究报告指出,当人均国民生产总值(GDP)达到 1000 美元时,人均建筑砂需求量为 2 吨/年^[3]。所以,我国对建筑用砂的需求量越来越大已经成为了无法避免的趋势。

长期以来,我国建筑用砂的主要来源一直是河砂,而河砂作为一种地方性的资源,短期内无法再生,并且不利于长途运输,长期开发河砂使得我国河砂资源越来越短缺,比如,珠江三角洲每年的用砂量为 8000 万 m^3 ,而本地所能提供的砂只有 5000 万 m^3 ^[4],远远无法满足当地的建设需求。长江流域每年可以提供的河砂约为 1.5 亿 m^3 ,但是由于政府的保护政策,每年准许开采的河砂只有 6000 万 m^3 ,无法满足长江流域地区的混凝土用砂需求 ^[5]。疯狂的开采导致有些地区甚至出现了无砂可采的恶劣情况。由于天然砂的短缺,使得砂价格疯涨,在利益的驱使下,越来越多的地方开始乱采、乱挖天然砂,大面积破坏植被和河流环境。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.